



① BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 41 24 937 A 1

⑤ Int. Cl. 5:  
G 02 B 5/00  
G 02 B 5/28  
G 02 B 1/00  
C 23 C 14/08

⑪ Aktenzeichen: P 41 24 937.2  
⑫ Anm. Idetage: 27. 7. 91  
⑬ Offenlegungstag: 26. 3. 92

DE 41 24 937 A 1

③ Innere Priorität: ③ ③ ③  
21.09.90 DE 40 29 945.7

⑦ Anmelder:  
O.I.B. GmbH Optische-Interferenz-Bauelemente,  
O-6900 Jena, DE

⑦ Vertreter:  
Pfeiffer, R., Dipl.-Phys.; Bock, G., Dipl.-Ing.,  
Pat.-Anwälte, O-6900 Jena

⑦ Erfinder:

Schmidt, Eberhard, Dr.; Schmidt, Brigitte, O-6902  
Jena, DE; Pfeiffer, Gisela, O-6908 Jena, DE; Gäbler,  
Dieter, O-6907 Orlamünde, DE; Schewe, Michael,  
O-6520 Eisenberg, DE

⑤ Verfahren zur Herstellung eines optischen Interferenzschichtsystems und Interferenzschichtsystem

⑤ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines optischen Interferenzschichtsystems und ein danach hergestelltes Interferenzschichtsystem, das in seiner optischen Funktionsfläche freitragend ist und nur in seinem Randbereich durch einen Schichthalter unterstützt wird. Auf einen durchgehenden Schichtträger wird eine lösliche Unterlagenschicht aufgebracht, auf die bei einer Schichtträgertemperatur von etwa 20°C ein Schichtpaket aus Suboxiden in einer Wasserdampf-atmosphäre bei etwa 10<sup>-2</sup> Pa abgeschieden wird. Bei etwa 400°C wird dieses Schichtsystem unter Luft oder Sauerstoff getempert und danach ein ringförmiger Schichthalter auf das Schichtpaket aufgeklebt. Vom Schichtträger wird das Schichtpaket mit dem Schichthalter durch Auflösen der Unterlagenschicht getrennt.

DE 41 24 937 A 1

BEST AVAILABLE COPY

Die Erfindung betrifft ein optisches Interferenzschichtsystem gemäß der Gattung der Patentansprüche.

Interferenzoptische Schichtsysteme bestehen im allgemeinen aus übereinander erzeugten dielektrischen und/oder metallischen Schichten verschiedenster Anordnungen, die auf optisch polierte Schichtträger, z. B. Gläser oder Kristalle aufgedampft, gesputtert oder anderweitig niedergeschlagen werden.

Dabei hat besonders bei der Gruppe der Interferenzfilter das optische Interferenzschichtsystem die Hauptfunktion des Bauelements übernommen, und der Schichtträger ist nur noch Halter des Bauelements. Häufig schützt man die empfindlichen Schichtsysteme, indem man sie nachträglich durch einen optischen Kitt, der aus Gründen der optischen Symmetrie die Brechzahl des Schichtträgers haben soll, mit einem zweiten Träger so verkittet, daß sie weitgehend von Umwelteinflüssen ferngehalten werden. Durch die angewandten Techniken zur Schichtherstellung ist man praktisch gezwungen, die Existenz mindestens eines Schichtträgers in Kauf zu nehmen und kann die Gruppe der symmetrisch in Luft oder Vakuum gelagerten Systeme nur mathematisch simulieren.

Nun läßt sich aber zeigen, daß gerade diese Gruppe schichtoptische Lösungen enthält, die den geschilderten Stand der Technik erheblich übertreffen, und es wäre naheliegend, ein solches System zu erzeugen, wenn nicht grundlegende Schwierigkeiten bestehen würden. Diese Schwierigkeiten sind in den oben geschilderten Herstellungsverfahren begründet. Die danach hergestellten Schichten sind nämlich im allgemeinen ohne Schichtträger nicht genügend stabil, weil sie häufig aus einem locker aufgebauten System von Säulen bestehen, die in der Regel senkrecht zur Schichtfläche stehen. Deshalb zerfallen sie in viele Mikrokristalle, wenn sie ihren Träger verlieren; selbst auf dem Träger und im verkitteten Zustand zeigen sie häufig schon Zerfallsreaktionen, wenn z. B. nur Feuchtigkeit in sie eindringt. Weiterhin muß man ihre äußerst geringe Dicke, die immer in der Größenordnung der Lichtwellenlänge liegt, ebenfalls als höchst empfindlich ansehen, was jede Manipulation mit solchen Schichtsystemen zunächst undurchführbar macht.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, die genannten Mängel abzustellen und ein optisches Interferenzschichtsystem herzustellen, das, wenn es seinen Träger verliert, keine Zerfallsreaktionen zeigt.

Erfindungsgemäß wird ein derartiges Interferenzschichtsystem gemäß dem Kennzeichen der Patentansprüche hergestellt. Dabei besitzt ein optisches Interferenzschichtsystem, das aus einer oder mehreren übereinander angeordneten dielektrischen und/oder metallischen Schichten besteht, vorteilhafterweise einen Schichthalter, der die optische Funktionsfläche des Schichtsystems frei läßt und nur in der Randzone des Schichtsystems mit diesem verbunden ist. In diesem Bereich sind also nur die zur Interferenz erforderlichen Schichten des freitragend angeordneten Schichtpakets optisch wirksam. Es ist günstig, den Schichthalter als Glasring auszubilden.

Bei der Realisierung der Erfindung stellt sich heraus, daß durch solche Bauelemente ganz neue technische Möglichkeiten entstehen, die dadurch begründet sind, daß das optische Bauelement durch seine äußerst geringe Masse gestattet, als hochempfindlicher Sensor eingesetzt zu werden. Zum Beispiel kann ein Lichtstrahl, der

von einem solchen Bauelement reflektiert wird, außerordentlich empfindlich Schallwellen registrieren, die eine derartige optische Membran zum Schwingen bringen.

Hauptursache für die scheinbare Undurchführbarkeit des Erfindungsgedankens ist die nach dem Stand der Technik üblich Praxis, das Interferenzschichtsystem im Herstellungsprozeß, der meist im Hochvakuum stattfindet, möglichst komplett zu erzeugen, damit die angewandten in-situ-Kontrolltechniken, die meist selbst Interferenzmethoden sind, eine sichere und reproduzierbare Produktion ermöglichen. Dieses Herstellungsverfahren zielt deshalb immer auf das Übereinanderbringen von chemisch abgesättigten Schichten ab, deren Zusammenhalt sowohl vertikal als auch horizontal praktisch nur durch van-der-Waals-Kräfte besorgt wird, wobei alle geschilderten nachteiligen Konsequenzen auftreten.

Die Erfindung beschreitet nun einen anderen Weg. Die das Schichtsystem erzeugenden Moleküle werden nicht beim Herstellungsprozeß im Hochvakuum abgesättigt, sondern ihre chemische Affinität wird dadurch erhalten, daß bei einem weiteren technologischen Schritt eine allgemeine Reaktion dafür sorgt, daß das ganze Schichtpaket vertikal und horizontal durch chemische Bindungen verbunden (vernetzt). Diese chemische Verbindung verleiht dem Interferenzschichtsystem die nötige Stabilität, so daß hiermit tatsächlich manipuliert werden kann und freitragende interferenzoptische Bauelemente herstellbar sind.

Die Erfindung soll an einem bisher sehr schwierigen Problem der Interferenzschichtenoptik unter Zuhilfenahme der schematischen Fig. 1 und 2 erläutert werden. Dabei zeigt

Fig. 1 die verlustfreie Teilung eines Lichtstrahls und Fig. 2 die Intensitätsverteilung der Lichtanteile.

Ein monochromatischer Lichtstrahl, z. B. ein Laserstrahl, soll an einer um  $45^\circ$  geneigten Fläche F im Intensitätsverhältnis 1 : 1 durch ein dielektrisches Schichtsystem praktisch verlustfrei geteilt werden. Dabei muß diese 1 : 1-Teilung für beide möglichen Polarisations-schwingungen P und S realisiert, also  $R_P = R_S = 50\%$  und  $T_P = T_S = 50\%$  sein (Fig. 1). Nun läßt sich zeigen, daß für die im sichtbaren Spektrum technisch realisierbaren Schichtbrechzahlen eine Lösung des obengenannten Problems existiert, wenn das Schichtsystem freitragend und gewissermaßen symmetrisch in das Außenmedium Luft eingebettet ist (Fig. 2).

| Substanz         | n     | n · d                 |
|------------------|-------|-----------------------|
| SiO <sub>2</sub> | 1,505 | $k_1 \cdot \lambda/4$ |
| TiO <sub>2</sub> | 2,31  | $k_2 \cdot \lambda/4$ |
| SiO <sub>2</sub> | 1,505 | $k_1 \cdot \lambda/4$ |
| TiO <sub>2</sub> | 2,31  | $k_2 \cdot \lambda/4$ |
| SiO <sub>2</sub> | 1,505 | $k_1 \cdot \lambda/4$ |
| TiO <sub>2</sub> | 2,31  | $k_2 \cdot \lambda/4$ |
| SiO <sub>2</sub> | 1,505 | $k_1 \cdot \lambda/4$ |

Dabei sind  $\lambda$  die Wellenlänge des monochromatischen Lichtes,  $k_1 = 1,13$  und  $k_2 = 1,05$ . Die Brechzahlen von SiO<sub>2</sub> und TiO<sub>2</sub> sind bekanntlich in gewissen Grenzen einstellbar, wenn man den Sauerstoffanteil der Oxide verändert.

Die Darstellung dieses oder anderer Systeme gelingt nun dadurch, daß die Herstellung des Schichtpaketes

aus  $\text{SiO}_2$  und  $\text{TiO}_2$  im Hochvakuum durch die Verdampfung der Suboxide  $\text{SiO}$  und  $\text{TiO}$  in eine Wasserdampf-Restgasatmosphäre bei ca.  $10^{-2}$  Pa bei Schichtträger-temperaturen um  $20^\circ\text{C}$  erfolgt. Vor dem Aufdampfen des eigentlichen Schichtpaketes wird eine wasserlösliche Unterlagenschicht aus Natriumchlorid oder Kaliumbromid auf den Schichtträger, der z. B. aus Glas besteht, aufgebracht, die ein leichteres nachfolgendes Ablösen des Schichtpaketes vom Schichtträger ermöglicht.

Durch die Anwesenheit des Wasserdampfes während der Verdampfung bilden sich mit den Suboxiden  $\text{SiO}$  und  $\text{TiO}$  Hydroxide, die die Reaktionsbereitschaft des Schichtpaketes gewissermaßen konservieren. Nach dem Belüften temperiert man den Schichtträger bei  $400^\circ\text{C}$  und erreicht dadurch die o. g. Vernetzung. Anschließend klebt man mit Hilfe eines Epoxidharzes auf das Schichtpaket den, z. B. ringförmigen Halter, der ebenfalls aus Glas bestehen kann, und gibt das so präparierte System in destilliertes Wasser. Dabei löst sich die Natriumchlorid- oder Kaliumbromidunterlage auf und das Schichtpaket kann mit dem Schichthalter zusammen vom Schichtträger abgezogen werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines optischen Interferenzschichtsystems, dadurch gekennzeichnet, daß auf einen durchgehenden Schichtträger eine lösliche Unterlagenschicht aufgebracht wird, daß auf die Unterlagenschicht bei einer Schichtträger-temperatur von etwa  $20^\circ\text{C}$  ein Schichtpaket aus Suboxiden in einer Wasserdampf-atmosphäre bei etwa  $10^{-2}$  Pa abgeschieden wird, daß das auf diese Weise gewonnene Schichtsystem bei etwa  $400^\circ\text{C}$  unter Luft oder Sauerstoff getempert wird, daß danach ein die optische Funktionsfläche des Schichtsystems freilassender Schichthalter auf das Schichtpaket aufgeklebt wird und daß schließlich das Schichtpaket vom Schichtträger durch Auflösen der Unterlagenschicht getrennt wird.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterlagenschicht aus Natriumchlorid oder Kaliumchlorid besteht.
3. Verfahren gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Schichtträger aus Glas besteht.
4. Verfahren gemäß mindestens einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Schichthalter ein Glasring ist.
5. Optisches Interferenzschichtsystem, das aus einer oder mehreren übereinander angeordneten dielektrischen und/oder metallischen Schichten besteht, gekennzeichnet durch einen die optische Funktionsfläche des Schichtsystems freilassenden Schichthalter, der mit dem Schichtsystem nur in dessen Randzone verbunden ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

BEST AVAILABLE COPY

BEST AVAILABLE COPY

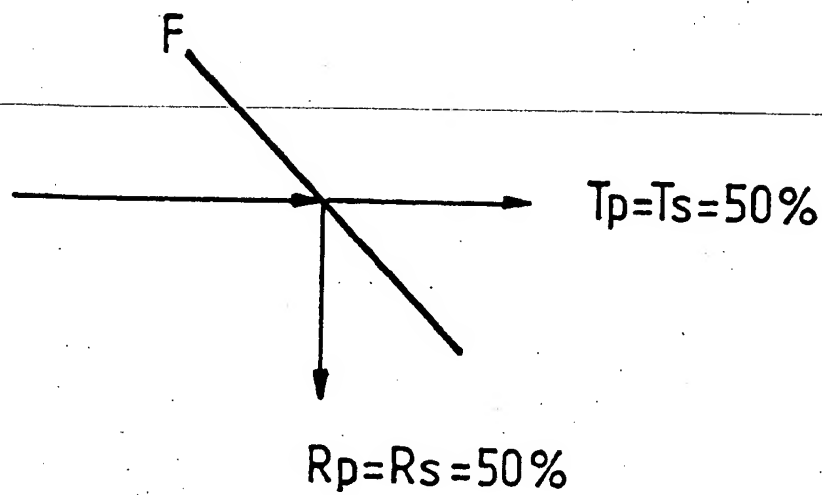


Fig.1

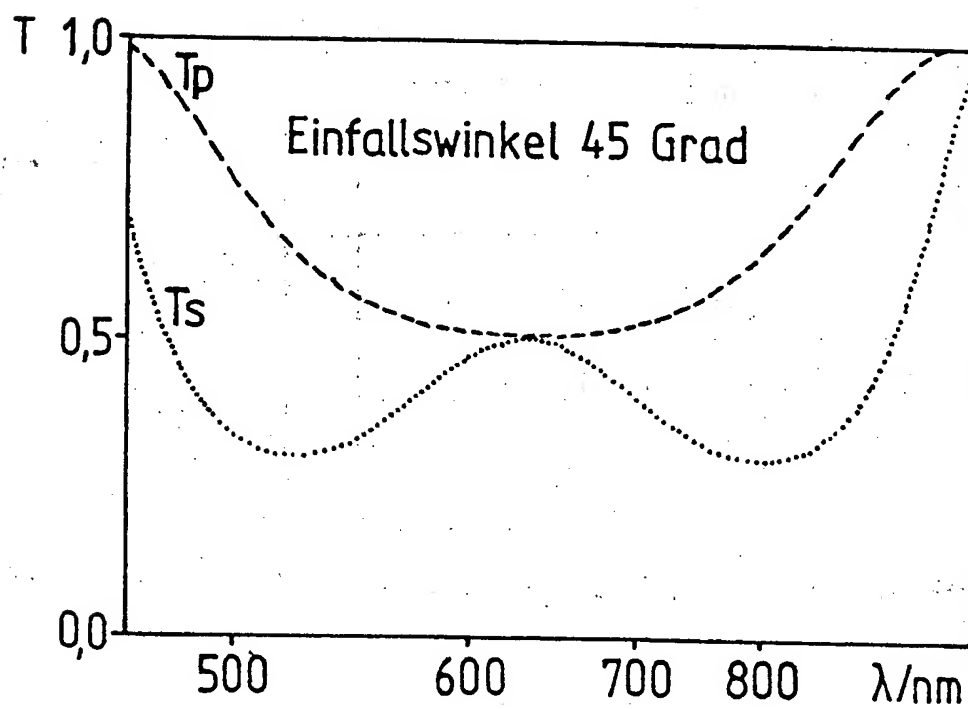


Fig. 2

BEST AVAILABLE COPY